

Patent number: EP0083527

Publication date: 1983-07-13

Inventor: RICHIN PHILIPPE; CARBALLE JEAN-CLAUDE; COMBEMALE YVES; D AURIA LUIGI; MAILLOT PHILIPPE; MORONVILLE CHANTAL; SIMON JACQUES

Applicant: THOMSON CSF (FR)

Classification:

- international: G02B7/26

- european: G02B6/26B; G02B6/42C3B

Application number: EP19820402344 19821221

Priority number(s): FR19810024562 19811231

View INPADOC patent family

Also published as:

FR2519433 (A1)

EP0083527 (B1)

Cited documents:

DE2805358

FR2178173

FR1301972

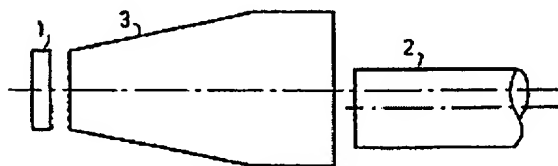
DE2554705

FR1543165

Coupling arrangement for a light source with divergent radiation and an optical fibre

Abstract of EP0083527

1. Device of the coupling between a luminous source (1) having a divergent radiation and a predetermined emission surface and an optical transmission fiber (2) the entrance face of which has a surface which is substantially equal to the emission surface of said source, said coupling device comprising an optical intermediate discrete component (3) having two opposed plane end faces one of which is arranged in facing relationship to the emission face of the source (1) and the other of which is arranged in facing relationship to the entrance face of the transmission fiber (2), this source (1) and this optical intermediate component (3) being secured on a positioning carrier to form an emitting base, and the emission surface of the luminous source (1) and the surface of the entrance face of the optical intermediate component (3) being likewise substantially equal surfaces, characterized in that said optical intermediate discrete component (3) is an element shaped as a truncated cone the surface of the output face of which has a value exceeding that of the surface of the entrance face of the transmission fiber (2) and the numerical input opening (ONEC) of which exceeds that (ONFT) of the transmission fiber, thus permitting to enlarge the alignment tolerances at the connection between the truncated cone element and the transmission fiber without impairing the efficiency of the total coupling between the source and the transmission fiber compared to the case where said intermediate element would be formed by a straight fiber having a cross sectional surface equal to that of the transmission fiber.



THIS PAGE BLANK (USPTC;

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑮ Numéro de dépôt: 82402344.4

⑤① Int. Cl.: **G 02 B 7/26**

⑰ Date de dépôt: 21.12.82

③① Priorité: 31.12.81 FR 8124562

④③ Date de publication de la demande: 13.07.83
Bulletin 83/28

⑧④ Etats contractants désignés: DE IT NL SE

⑦① Demandeur: THOMSON-CSF, 173, Boulevard
Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)

⑦② Inventeur: Richin, Philippe, THOMSON-CSF
SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)
Inventeur: Carballes, Jean-Claude, THOMSON-CSF
SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)
Inventeur: Combemale, Yves, THOMSON-CSF
SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)
Inventeur: d'Auria, Luigi, THOMSON-CSF SCPI 173, bld
Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)
Inventeur: Malliot, Philippe, THOMSON-CSF
SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)
Inventeur: Moronvalle, Chantal, THOMSON-CSF
SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)
Inventeur: Simon, Jacques, THOMSON-CSF
SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)

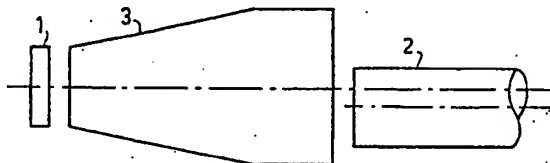
⑦④ Mandataire: Lepercque, Jean et al, THOMSON-CSF
SCPI 173, Bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)

⑤④ Dispositif de couplage entre une source lumineuse à rayonnement divergent et une fibre optique.

⑤⑦ La présente invention concerne un dispositif de couplage entre une source lumineuse, notamment une diode électroluminescente, et une fibre.

Le dispositif comprend un composant optique intermédiaire de forme conique (3) dont les faces sont couplées avec d'une part la face de sortie de la source (1), et d'autre part la face d'entrée de la fibre (2). Le diamètre de la face de sortie du cône (3) est supérieur au diamètre de la face d'entrée de la fibre (2).

Application aux télécommunications optiques.



EP 0 083 527 A1

DISPOSITIF DE COUPLAGE ENTRE UNE SOURCE LUMINEUSE A
RAYONNEMENT DIVERGENT ET UNE FIBRE OPTIQUE

L'invention concerne un dispositif de couplage entre une source de lumière émettant un rayonnement divergent et une fibre optique.

Le problème du couplage entre une source à rayonnement divergent et une fibre optique a été étudié dans le but d'augmenter la fraction de rayonnement captée par la fibre. Le couplage direct, dans lequel la source et la fibre sont simplement placés face à face sans élément optique intermédiaire, a une certaine efficacité qui peut être accrue et le dispositif de couplage selon l'invention permet d'accroître les tolérances de connexion entre la source et la fibre.

10 A la suite du développement des transmissions par fibres optiques, de nombreux dispositifs directement utilisables par des non spécialistes ont été étudiés. L'un de ceux-ci est une embase émettrice : il s'agit d'un boîtier contenant une source telle que, par exemple, une diode électroluminescente, et une fibre intermédiaire munie éventuellement d'une optique de couplage
15 assurant une liaison optique entre l'intérieur et l'extérieur du boîtier et terminée par un connecteur de sortie.

Ces micro-optiques de couplage sont destinées en général à accroître le rendement de couplage entre la source de rayonnement divergent et la fibre de transmission. Une très grande partie de celles-ci ont été optimisées
20 pour un laser semi-conducteur et une fibre de type "télécommunication", c'est à dire typiquement avec un diamètre de coeur de 50 μm et une ouverture numérique de 0,18. Quelques unes sont adaptées à des diodes électroluminescentes de petit diamètre, par exemple 100 μm , et des fibres à gros diamètre de coeur, par exemple 200 μm .

25 En général, les fibres intermédiaires sont polies, et pour obtenir de faibles pertes au couplage source/fibre intermédiaire ou fibre intermédiaire/fibre de transmission, un positionnement dynamique ou de la mécanique de haute précision sont nécessaires, or il s'agit là de procédés onéreux.

Ainsi si l'on utilise un boîtier tel que défini précédemment, contenant une source et une fibre intermédiaire, si l'on veut limiter les pertes de couplage, les tolérances de positionnement source/fibre intermédiaire et fibre intermédiaire/fibre de transmission au niveau de la connexion, sont
5 relativement faibles. L'originalité de la demande de brevet consiste à utiliser une optique conique de diamètre de sortie supérieur au diamètre de la fibre de transmission ce qui peut permettre sans détériorer le rendement de couplage entre la source et la fibre, d'augmenter les tolérances de positionnement de cette fibre intermédiaire par rapport à la fibre de
10 transmission, c'est à dire de simplifier le connecteur de sortie.

Le dispositif de l'invention permet ainsi d'améliorer le rendement de transmission entre la source et la fibre. Il permet surtout une simplification de la connectique entre l'embase émettrice et la fibre de transmission, et il permet, en outre, une stabilité de transmission dans une large gamme de
15 températures jusqu'à des températures élevées. Il permet accessoirement, si le diamètre de la fibre de transmission est voisin de celui de la face de sortie de la fibre intermédiaire, d'augmenter la puissance couplée.

L'invention a pour objet un dispositif de couplage entre une source lumineuse à rayonnement divergent et une fibre optique de transmission
20 comprenant un composant optique intermédiaire discret, caractérisé en ce que ce composant optique intermédiaire est un cône dont la face plane de plus petite surface est en regard avec la face d'émission de la source et l'autre face avec la face d'entrée de la fibre de transmission, cette source et ce cône étant fixés sur un support de positionnement pour former une
25 embase émettrice, la surface d'émission de la source lumineuse, la surface de la face d'entrée du cône, et la surface de la face d'entrée de la fibre de transmission étant des surfaces sensiblement égales, et en ce que la surface de la face de sortie du composant optique a une valeur supérieure à celle de la surface de la face d'entrée de la fibre de transmission élargissant ainsi les
30 tolérances à la connexion.

L'invention sera mieux comprise au moyen de la description ci-après en se référant aux figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 représente le schéma simplifié du dispositif de l'invention ;

- la figure 2 représente un aspect particulier du dispositif de l'invention ;
- les figures 3 à 7 représentent les différentes configurations possibles de couplage entre une source lumineuse et une fibre optique de transmission ;
- la figure 8 représente le dispositif de l'invention ;
- la figure 9 représente une courbe relative à un dispositif de l'art connu ;
- la figure 10 représente une courbe relative au dispositif de l'invention.

Selon l'état de l'art antérieur pour assurer le couplage source 1 - fibre 2 on a été amené à introduire, comme représenté à la figure 1, un composant optique intermédiaire 3 permettant la continuité optique entre l'intérieur et l'extérieur de l'embase.

- 15 Si on considère une source de surface émissive S_d et d'angle d'émission Ω_d , et une fibre de surface de coeur S_f et d'angle d'acceptance Ω_f , le produit $S\Omega$ doit être conservé pour obtenir un couplage maximum. Or Ω_d est grand on doit donc avoir : $S_d < S_f$ pour conserver le rapport $S\Omega$.

- 20 Ce composant optique intermédiaire peut être par exemple un tronc de cône qui est un élément transformateur conservant le rapport $S\Omega$. C'est à dire que si l'on considère en entrée les valeurs S_e surface d'entrée et Ω_e angle d'entrée, et S_s surface de sortie et Ω_s angle de sortie on a : $S_e \Omega_e = S_s \Omega_s$.

- 25 Or un tronc de cône est un adaptateur d'ouverture numérique et permet, dans certains cas, d'augmenter la puissance optique couplée dans la fibre de transmission.

Sans cône, comme illustré à la figure 3, n'est couplée dans la fibre que l'énergie émise par la source dans un cône correspondant à l'acceptance de la fibre, de plus le niveau de connectique C n'est pas parfait.

- 30 Avec un cône, le couplage peut être tel qu'une grande partie de l'énergie émise par la source pénètre dans le cône et en ressort avec une ouverture numérique inférieure ou égale à celle de la fibre de transmission. Si le diamètre de sortie du cône est inférieur ou égal au diamètre de la fibre, on a ainsi augmenté le couplage par rapport à la solution précédente comme illustré à la figure 7.

La source et la micro-optique conique peuvent être rendues solidaires d'un support pour former une embase émettrice.

Deux configurations de tronc de cône sont possibles : un cône aux parois comportant un traitement réfléchissant ou bien un élément de fibre optique conique. On peut par exemple dans la suite considérer un élément de fibre conique. La méthode de calcul dans les deux cas reste la même. On constate que l'angle d'incidence θ sur l'interface coeur-gaine augmente à chaque fois d'un angle 2ε à chaque réflexion, si ε est le demi angle au sommet du cône et si le rayon se propage comme à la figure 2 dans le sens d'une augmentation de diamètre du cône. L'angle d'acceptance α est donc déterminé par la première réflexion. Géométriquement, on montre que

$$\frac{\pi}{2} = \theta + \alpha - \varepsilon$$

Pour une fibre d'indices n_c de coeur 5 et n_g de gaine 4 donnés, on doit avoir :

$$15 \quad \theta \geq \theta_e = \text{Arcsin} \frac{n_g}{n_c}$$

Soit, à la limite :

$$\frac{\pi}{2} - \alpha + \varepsilon = \theta_1$$

De même, on peut relier l'ouverture numérique d'entrée ON1 à l'ouverture numérique de sortie ON2 par :

$$20 \quad n_1 \sin \theta_1 = \text{ON}_1 = \frac{d_2}{d_1} n_2 \sin \theta_2 = \frac{d_2}{d_1} \text{ON}_2$$

avec n_1 et n_2 indices des milieux d'entrée et de sortie du cône, et d_1 et d_2 les diamètres du coeur en entrée et en sortie du cône.

On considère alors diverses configurations de couplage entre la source 1 et la fibre de transmission 2, en utilisant une fibre intermédiaire de forme conique comme décrite précédemment, ou une fibre de forme cylindrique.

Pour une source émettrice 1 standard de 200 μm de surface active, la fibre de transmission 2 peut avoir un diamètre de coeur de 200 μm ou 400 μm . Les figures 3 à 7 indiquent les possibilités de couplage source/fibre de transmission.

Dans les cas considérés aux figures 3 et 5, l'emploi d'une fibre intermédiaire droite impose des tolérances serrées au couplage source/fibre

intermédiaire, et aux figures 3 et 6 au couplage intermédiaire/fibre de transmission.

Il est connu d'utiliser le montage illustré à la figure 3 pour les transmissions avec des fibres par exemple de 200 μm de diamètre de coeur.

5 Dans ce cas, le diamètre de coeur de la fibre intermédiaire est de 180 μm .

Il est connu d'utiliser le montage illustré à la figure 6 pour les transmissions avec des fibres par exemple de 400 μm de diamètre de coeur.

Dans ce cas, le diamètre de coeur de la fibre intermédiaire peut être de 350 μm , ce qui élargit les tolérances de positionnement au niveau source/fibre intermédiaire par rapport à la figure 4 et au niveau fibre intermédiaire/fibre de transmission comme à la figure 5.

Du point de vue mécanique, l'emploi d'une micro-optique conique permet :

- dans le cas de la figure 4 (utilisation avec une fibre de diamètre de coeur voisin de celui de la diode) d'augmenter notablement les tolérances de positionnement au niveau fibre intermédiaire/fibre de transmission, c'est à dire au niveau critique du connecteur détachable. Les autres tolérances sont inchangées ;

- dans le cas de la figure 7, d'avoir des tolérances de positionnement identiques aux solutions classiques, des figures 3 ou 5, pour le couplage avec la source et pour le couplage avec la fibre de transmission.

D'un point de vue énergétique, le couplage entre l'émetteur et la fibre de transmission a été calculé dans le cas particulier des fibres à échelon d'indice, à titre non limitatif, avec les hypothèses suivantes :

25 - la perte α à la connexion C entre deux fibres à échelon d'indice de diamètre d_1 et d_2 , si d_1 diamètre du coeur de la fibre "émettrice" est plus grand que d_2 diamètre du coeur de la fibre "réceptrice", varie en $(d_2/d_1)^2$, soit en décibels :

$$30 \quad \alpha = 20 \text{ Log } \frac{d_1}{d_2}$$

- la perte α à la connexion C entre deux fibre à échelon d'indice d'ouverture numérique ON1 et ON2, si ON1 celle de la fibre "émettrice" est plus grande que celle ON2 de la fibre "réceptrice", varie en $(\text{ON2}/\text{ON1})^2$,

soit en décibels :

$$\alpha = 20 \text{ Log } \frac{ON1}{ON2}$$

5 Il s'agit d'approximations qui donnent ici des ordres de grandeur conformes aux résultats expérimentaux. D'autre part, on ne tient pas compte des pertes par réflexions et on suppose les éléments coaxiaux sauf dans le cas de la figure 4 où il ne devront n'être qu'en regard.

10 Soit une micro-optique de couplage de forme conique avec en entrée une diode de diamètre de surface active d_D , une fibre en-entrée de diamètre de cœur D_{EC} , une ouverture numérique ON_{EC} et en sortie un diamètre de cœur D_{SC} et une ouverture numérique ON_{SC} , soit une fibre de transmission de diamètre de cœur D_{FT} et d'ouverture angulaire ON_{FT} .

Si D_{EC} est supérieur ou égal à d_D , P_E est la puissance totale émise, la puissance couplée P_C dans le cône vaut :

15
$$P_C = P_E \times ON_{EC}^2$$

cette relation est d'ailleurs valable pour une fibre intermédiaire non conique mais en utilisant une source à rayonnement lambertien tel qu'une diode photoémissive et non un laser.

20 En général, pour coupler le maximum d'énergie dans la fibre de transmission on cherche à avoir la relation :

$$ON_{SC} = ON_{EC} \times \frac{D_{EC}}{D_{SC}} \geq ON_{FT} \text{ et } D_{EC} \text{ voisin du diamètre de la diode } d_D.$$

25 Dans ce cas, si le diamètre du cœur en sortie de cône soit D_{SC} est inférieur ou égal à celui D_{FT} de la fibre de transmission, la puissance optique couplée dans celle-ci vaut :

$$P_{FT} = P_E \times ON_{FT}^2 \times \left(\frac{D_{SC}}{D_{EC}} \right)^2$$

30 L'utilisation d'un cône comme illustré à la figure 7 se traduit donc par un

gain dans le rapport $\left(\frac{D_{SC}}{D_{EC}} \right)^2$ par rapport au couplage direct du type de la figure 3.

Dans le cas de la figure 8 :

$$P_{FT} \approx P_E \times ON_{FT}^2 \left(\frac{D_{FT}}{D_{EC}} \right)^2$$

- 5 Il est ainsi intéressant de noter que si le diamètre du coeur de la fibre de transmission est au moins égal au diamètre du coeur du cône à son entrée, donc à celui de la diode, par rapport au couplage direct au type de la figure 3, la valeur de P_{FT} est au moins équivalente.

- De plus avec les surfaces S_D surface de la source et S_{EC} surface
10 d'entrée du cône, on peut prendre $S_{EC} > S_D$ pour tenir compte des imprécisions de positionnement du cône par rapport à la source.

- Pour une configuration où comme représenté à la figure 7 le diamètre de la source d_D est plus petit que le diamètre du coeur de la fibre de transmission D_{FT} on obtient un gain au couplage. En utilisant une micro-
15 optique intermédiaire, comme représenté à la figure 7, pour un rapport 2 entre D_{EC} et D_{FT} , le gain théorique au couplage source/fibre de transmission, par rapport à une fibre intermédiaire droite est de 6 dB. Expérimentalement, on obtient de 4,8 à 5,3 dB. Pour une configuration où comme représenté à la figure 4 les deux diamètres sont équivalents on obtient à un
20 élargissement des tolérances à la connexion en sortie d'embase. Ce dernier dispositif représente le dispositif de l'invention où la fibre de transmission 2 et l'ensemble source 1 - fibre intermédiaire 3 peuvent ne pas être coaxiaux.

- L'allure de l'évolution du signal couplé dans une fibre de transmission en fonction du mésalignement axial est donnée à la figure 9 si la fibre intermédiaire est droite, à la figure 10 si la fibre intermédiaire est conique.
25

Dans le premier cas, on provoque une perte de 10 % du signal par un mésalignement de $\pm 35 \mu m$. Dans le second cas, cette tolérance atteint $\pm 90 \mu m$.

- Dans le cas considéré à la figure 9 la fibre intermédiaire a un diamètre de coeur de $200 \mu m$ et dans le cas considéré à la figure 10 la fibre intermédiaire à deux diamètres de coeur d'entrée et de sortie de $200 \mu m$ et $350 \mu m$.
30

Il est donc possible de réaliser une embase émettrice compatible avec des fibres de $200 \mu m$ de diamètre de coeur, avec dans ce cas des tolérances

à la connexion moindres, et des fibres de 400 μm de diamètre de coeur, avec dans le cas la possibilité d'un gain au couplage voisin de 5 dB. Pour cela, il conviendra de remplacer les monofibres intermédiaires droites par une fibre intermédiaire conique 200 μm /350 μm . Il sera toujours possible d'adapter les caractéristiques du cône pour réaliser un compromis entre le couplage et les possibilités de la mécanique, par exemple en augmentant son diamètre d'entrée pour élargir les tolérances de positionnement au niveau source/fibre conique.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de couplage entre une source lumineuse à rayonnement divergent et une fibre optique de transmission comprenant un composant optique intermédiaire discret, ce composant optique intermédiaire étant un cône (3) dont la face plane de plus petite surface est en regard avec la face d'émission de la source (1) et l'autre face avec la face d'entrée de la fibre de transmission (2), cette source (1) et ce cône (3) étant fixés sur un support de positionnement pour former une embase émettrice, la surface d'émission de la source lumineuse (1), la surface de la face d'entrée du cône (3), et la surface de la face d'entrée de la fibre de transmission (2) étant des surfaces sensiblement égales, caractérisé en ce que la surface de la face de sortie du cône (3) a une valeur supérieure à celle de la surface de la face d'entrée de la fibre de transmission (2), ce qui permet d'élargir ainsi les tolérances à la connexion.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le cône (3) est un élément de fibre optique conique.
3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le cône (3) est un cône aux parois comportant un traitement réfléchissant.
4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la source lumineuse (1) est une diode électroluminescente.

FIG.1

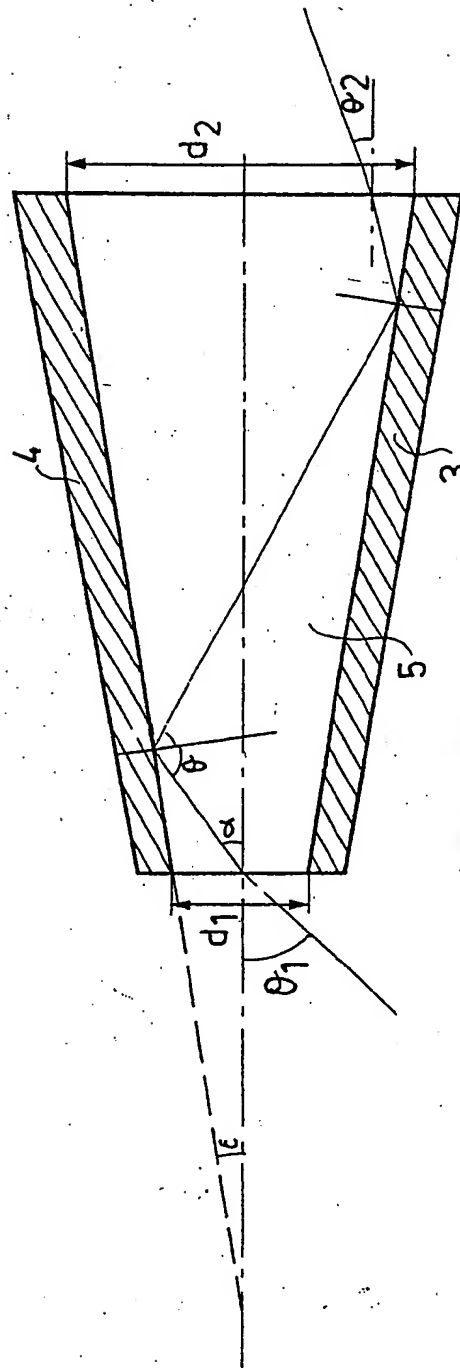
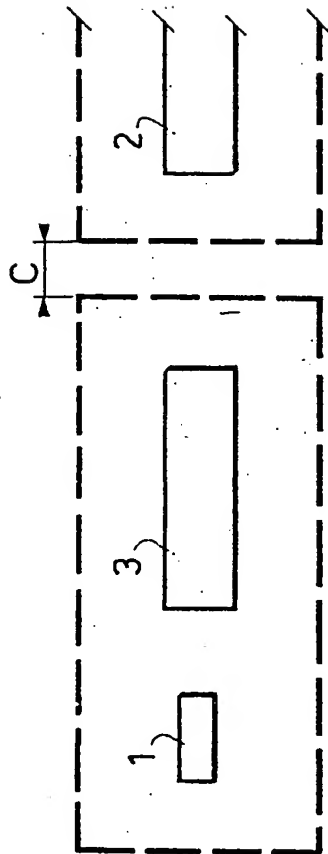


FIG.2

2/4

FIG. 3

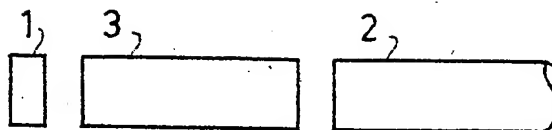


FIG. 4

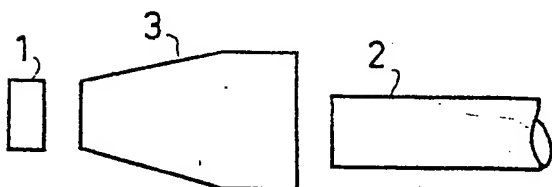


FIG. 5

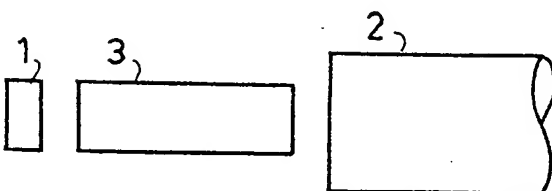


FIG. 6

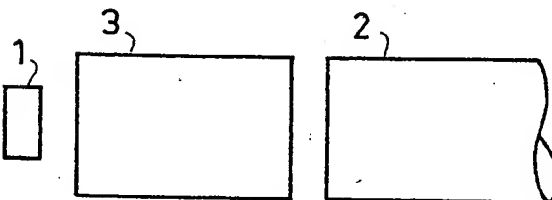


FIG. 7

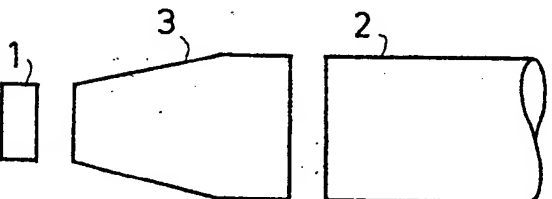
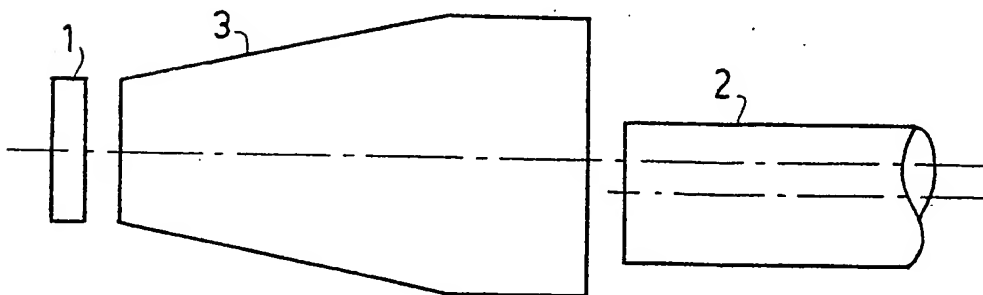


FIG. 8



3/4

FIG. 9

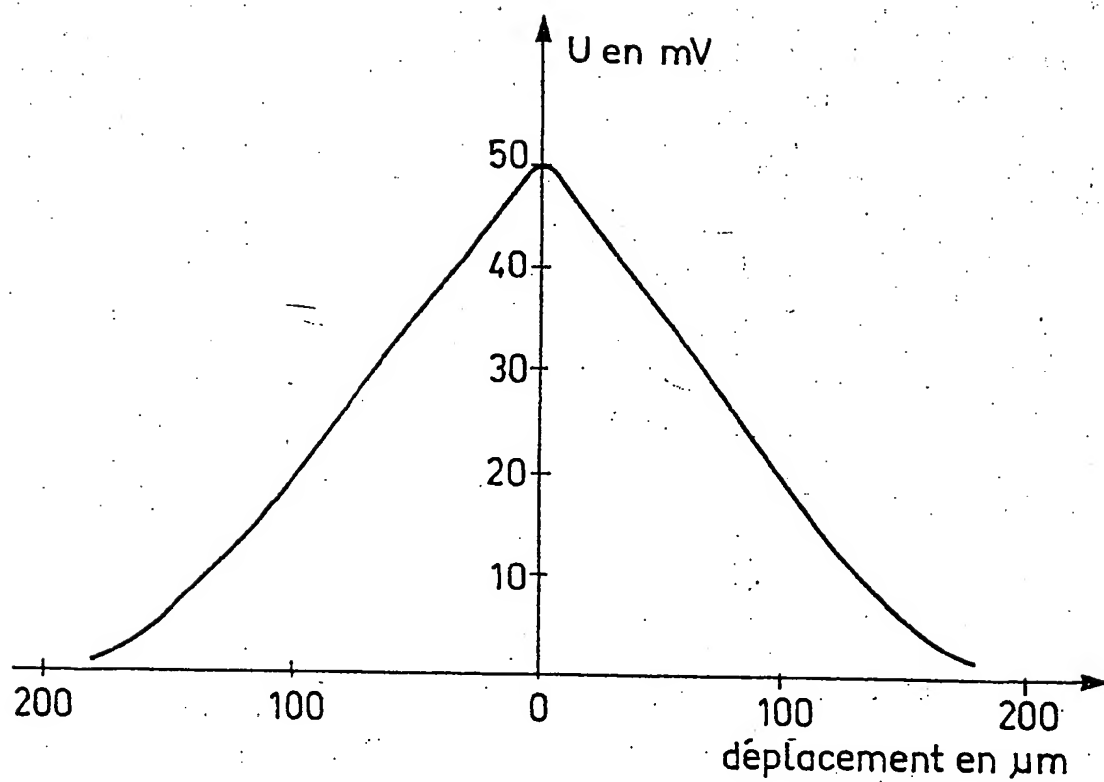
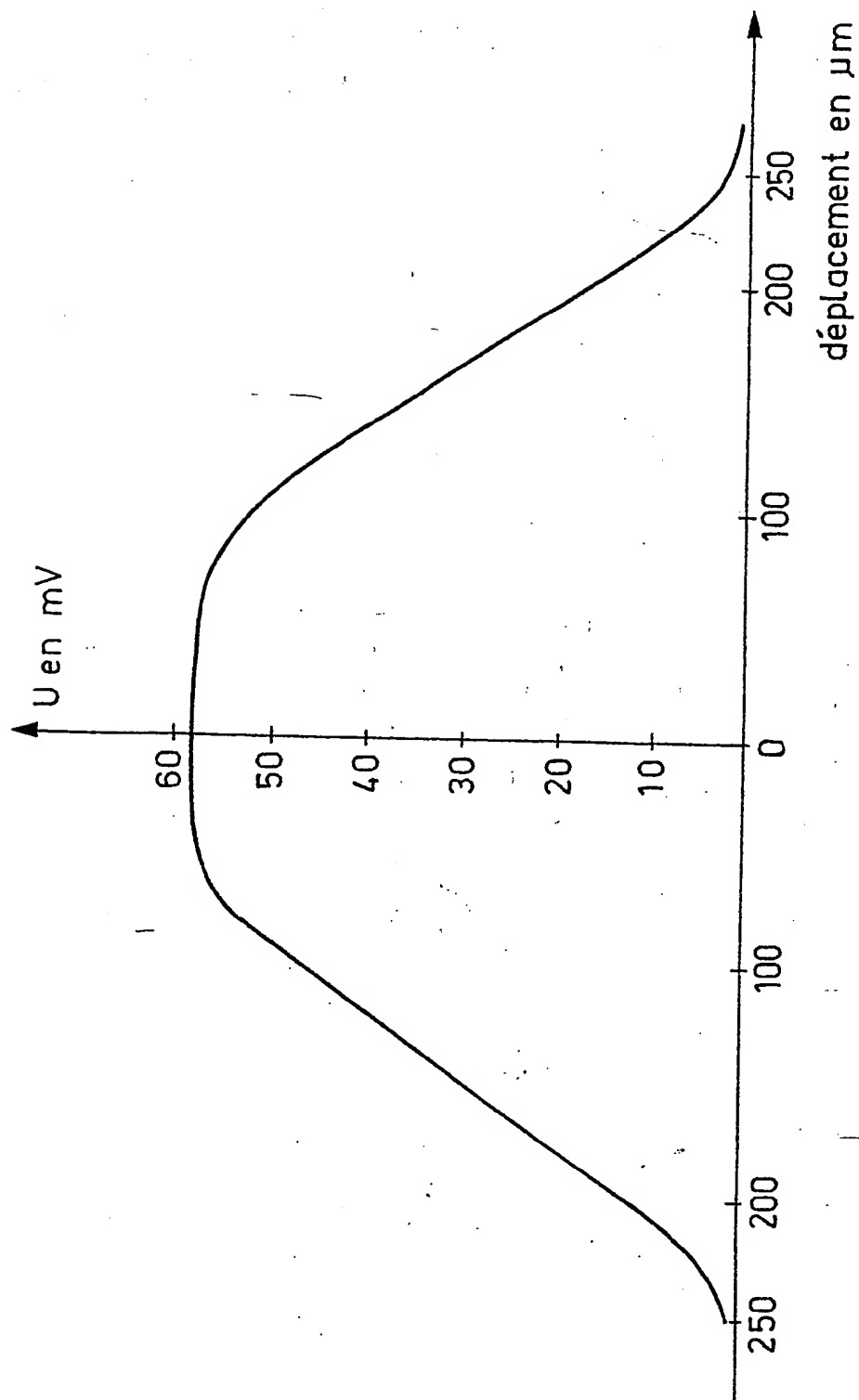


FIG. 10





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0033527

Numero de la demande

EP 82 40 2344

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. *)
X	DE-A-2 805 358 (AEG) * Revendication 1; figure *	1,4	G 02 B 7/26
X	FR-A-2 178 173 (CORNING GLAS) * Revendications 1,2,3,4,9; figures 2,5,7,10 *	1,3,4	
A	FR-A-1 301 972 (A.O.C.) * Résumé; figures *	2	
A	DE-A-2 554 705 (R. BOSCH) * Revendications; figures *	1	
A	FR-A-1 543 165 (P. MALIFAUD) * Résumé *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. *)
			G 02 B 7/26
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 08-04-1983	Examineur PFAHLER R.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

OEI-orm 1503 03 82

THIS PAGE BLANK (USPTO)